

# **LEAN A FERRAMENTA PARA AUMENTAR A SEGURANÇA E PRODUÇÃO EM OBRAS GEOTÉCNICAS**

## **LEAN AS A TOOL FOR INCREASING SAFETY AND PRODUCTION IN GEOTECHNICAL WORKS**

Flor, António, RUMO AO OBJECTIVO, Portugal, [tavares.flor@gmail.com](mailto:tavares.flor@gmail.com)  
Cachadinha, Nuno, FCT/UNL, Portugal [ncachadinha@fct.unl.pt](mailto:ncachadinha@fct.unl.pt)

### **RESUMO**

Nas obras geotécnicas é difícil efetuar a previsão do comportamento geomecânico do maciço com precisão, pelo que a segurança em obra tem que ser continuamente monitorizada. Esta abordagem leva a que os prazos não sejam cumpridos e, por consequência, as expectativas do Dono de Obra não sejam atingidas. Presentemente existem ferramentas ajustadas às obras geotécnicas (barragens, escavações, contenções, estradas) que incorporam a incerteza no planeamento. Este artigo propõe um conjunto de soluções para este tipo de empreendimentos baseado na Lean Construction e em indicadores de desempenho, discutindo as suas potenciais vantagens e campos de aplicação. Por fim, é feita uma antevisão da provável evolução destas áreas do conhecimento, sendo também apresentadas desenvolvimentos recentes no planeamento Lean com visualização 3D.

### **ABSTRACT**

In geotechnical works it is difficult to accurately anticipate the geomechanical behavior of the massive. As a result, safety on site must be continuously monitored. This approach leads to delays in the project delivery, falling short of the Owner's expectations. However, there are presently tools fitted to geotechnical works (dams, excavations, contentions, roads) that tackle uncertainty in planning. This article proposes a set of solutions suited for this kind of projects, based on Lean Construction and KPI's, and discusses their potential benefits and fields of utilization. Finally, a preview of the expected evolution in these knowledge areas is portrayed, and recent developments of Lean Planning with 3D visualization are presented.

### **1 - INTRODUÇÃO**

Nas obras geotécnicas é difícil efetuar a previsão do comportamento geomecânico do maciço com precisão pelo que a segurança em obra tem que ser continuamente monitorizada. Esta abordagem leva a que os prazos não sejam cumpridos e, por consequência, as expectativas do Dono de Obra não sejam atingidas. Como garantir em obra todos os passos do Método Observacional (MO) e conseguir realizar a obra no prazo?

Dado o volume de trabalho associado a este tipo de obras, mesmo as pequenas melhorias produzem grandes resultados tangíveis. Nesse sentido, é fundamental garantir o planeamento do processo de produção, assegurando também o ambiente de trabalho colaborativo entre os intervenientes, a otimização dos processos de produção e a monitorização eficaz dos mesmos, detetando desvios a tempo de serem corrigidos e antes de resultarem em perdas proporcionais à dimensão dos empreendimentos em causa.

Presentemente existem ferramentas ajustadas às obras geotécnicas (barragens, escavações, contenções, estradas) que incorporam a incerteza no planeamento. Presentemente na construção é necessário produzir mais com menos recursos humanos e técnicos e este é o conceito Lean. Este conceito, oriundo do Japão, veio aumentar a produtividade na indústria e por consequência a satisfação do cliente. A Lean Construction proporciona um conjunto de soluções que aliadas a indicadores de desempenho ou Key Performance Indicators (KPI's), permitem medir e gerir de maneira a atingir o objetivo.

Este artigo propõe um conjunto de soluções para este tipo de empreendimentos baseado na Lean Construction e em KPI's, discutindo as suas potenciais vantagens e campos de aplicação. Por fim, é feita uma antevisão da provável evolução destas áreas do conhecimento, sendo também apresentadas desenvolvimentos recentes no planeamento Lean com visualização 3D.

## **2 - INCERTEZA NAS OBRAS GEOTÉCNICAS E O MÉTODO OBSERVACIONAL**

A incerteza em geotecnia constitui um dado adquirido, fazendo parte da própria profissão. As condições geológicas, hidrogeológicas e geotécnicas variam de um local para outro e mesmo, quer em planta, quer em profundidade, pelo que cada projeto é um desafio novo. Por muito que se invista, quando possível, em prospeção e caracterização do terreno, existirão sempre parâmetros que não serão conhecidos com exatidão. A melhor estratégia para lidar com a incerteza geotécnica é o Método Observacional (MO).

O MO permite, como foi referido, adaptar o projeto durante a construção às condições reais existentes. O MO está devidamente definido no EC7 como Princípio (P), sendo exigido que sejam satisfeitos, antes da construção os seguintes requisitos:

1. Devem ser estabelecidos os limites do comportamento aceitável;
2. Deve ser determinada a gama de variação dos comportamentos possíveis e deve demonstrar-se que existe uma probabilidade aceitável de que o comportamento real se situe dentro dos limites admissíveis;
3. Deve ser elaborado um plano de observação com o objetivo de verificar se o comportamento real se situa dentro dos limites estabelecidos;
4. Deve estar previsto um plano de atuação a ser adotado no caso de a observação revelar um comportamento fora dos limites aceitáveis.

O MO é uma metodologia que reduz a incerteza e a variabilidade do resultado final da obra geotécnica. Coloca-se limites e gere-se dentro desses limites, sabendo-se o que fazer caso os mesmos sejam ultrapassados. Deste modo é possível planear em antecipação.

Como conciliar o MO com a exigência do cumprimento de prazos e os orçamentos cada vez mais reduzidos?

## **3 - MEDIR PARA GERIR E REDUZIR A INCERTEZA**

O objetivo de um Dono de Obra é obter o Empreendimento com o custo, prazo e qualidade contratada. Para conseguir este desiderato é fundamental ter um planeamento e uma execução em perfeita consonância. Para este efeito, uma pratica que se tem revelado eficaz é a que se designa por Lean Construction.

### **3.1 - Lean Construction**

A Lean Construction tem as seguintes características essenciais (Ballard, 1999):

Visão clara dos objetivos a estabelecer no processo de entrega do produto e bom entendimento das necessidades e requisitos do cliente.

Equipa de carácter plurifuncional que desenvolve e desenha o produto e o processo de forma concorrencial. Este trabalho em paralelo fomenta a interação positiva dentro do processo.

Alteração do alinhamento dos trabalhos ao longo da cadeia de fornecimento de forma a reduzir a variação e otimizar a quantidade e conteúdo de trabalho em execução.

Estruturação do trabalho em termos de processo global para aumentar o valor e reduzir o desperdício.

A Construção é processo que flui, transforma e cria valor para o cliente final (Koskela, 2000). Para a gestão de fluxo, ao nível da produção, uma das ferramentas mais populares da Lean Construction é o Last Planner (Ballard, 2000), que atua ao nível da cooperação e da logística durante a fase de execução. O planeamento e o controlo são os processos que visam garantir um fluxo constante do processo de produção e assim aumentar a probabilidade de sucesso do empreendimento.

### **3.2 - Last Planner System (LPS)**

O Last Planner System foi desenvolvido nos Estados Unidos da América a partir dos anos 90, pelo Lean Construction Institute, em especial por Glenn Ballard e Greg Howell. É uma ferramenta desenvolvida para controlo da produção em estaleiros de construção.

A construção desenvolve-se através da realização de tarefas e estas sofrem um número elevado de afetações, o que prejudica o fluxo de trabalho. Daí que as tarefas e os seus fluxos tenham que ser consideradas em paralelo na gestão da produção: a realização das tarefas depende dos fluxos e o progresso dos fluxos é em retorno dependente da realização das tarefas (Koskela, 2000). Quando o fluxo se encontra estabilizado é possível obter:

A produtividade através da redução de atrasos.

A realização de trabalho segundo a melhor sequência de construção.

A requisição de recursos humanos para o trabalho disponível.

A coordenação de múltiplas atividades interdependentes.

O LPS aborda as operações de Planeamento e Controlo a curto prazo e de antevisão.

### **3.2.1 - Curto prazo**

O objetivo é assegurar, através de diversos procedimentos e ferramentas, que todos os pré-requisitos e condicionamentos de uma atividade estão resolvidos quando a mesma se inicia, de forma a permitir que esta seja executada sem perturbações e completada de acordo com o planeado. Com esta ferramenta é proposta a realização de um planeamento de periodicidade semanal, com base nas atividades cuja execução vai efetivamente acontecer. No final da semana é calculada a percentagem de atividades concluídas semanalmente. Este índice chama-se PPC – Percentagem de Planeado Concluído (Ballard e Howell, 1998). Também são investigadas as razões que levaram à não execução do planeado, com base nas quais se efetua uma análise e consequentemente um incremento no grau de realização do plano semanal. O controlo surge assim como um ponto de partida para a prevenção e correção, em última instância, para a melhoria contínua.

### **3.2.2 - Antevisão**

A antevisão é baseada no plano geral do projeto, revendo e analisando os pré-requisitos das atividades para as 3 a 12 semanas seguintes. O objetivo de resolver os pré-requisitos com antecedência é garantir-se que não existem constrangimentos ao início das atividades. Assim se cria uma reserva de tarefas prontas a serem começadas e protege-se a produção da variabilidade. Em caso de problemas e instabilidade estas atividades funcionarão como um amortecimento que protege o fluxo, garantindo que este se mantém constante. Esta ferramenta permite fazer a ponte entre o planeamento geral de coordenação do projeto e os compromissos de curto prazo estabelecidos com as equipas que vão executar a produção. O planeamento geral, apesar de ser extremamente útil na coordenação estratégica de longo prazo ou na especificação de condições de pagamento, não consegue detalhar o projeto a grande distância no tempo, devido à falta de informação que é imprevisível. Um exemplo disso é a verdadeira duração das atividades ou o cumprimento dos fornecimentos (Ballard, 1997). A identificação de constrangimentos antecipadamente possibilita a sua gestão e resolução, de forma a conseguir cumprir-se o planeamento. Deste modo, os atrasos e os desperdícios reduzem-se com vantagens para o consórcio e para o Dono de Obra.

## **3.3 - Key Performance Indices (KPI's)**

Para que a construção de um empreendimento tenha sucesso é necessário monitorizá-lo nos seus aspetos mais relevantes. A monitorização permite identificar, analisar e resolver atempadamente situações anómalas e assim potenciar o cumprimento dos objetivos da construção do empreendimento. Uma das formas de monitorizar é utilizar Indicadores de Desempenho.

Os Indicadores de Desempenho permitem conhecer o grau de implementação de um determinado propósito, através da sua quantificação. Em geral, pretende-se que os empreendimentos sejam realizados cumprindo os seguintes objetivos:

Conclusão dentro do Prazo;

Custo de acordo com o Orçamento;

Ausência de defeitos (qualidade);

Eficácia na realização - Bem realizados à primeira (qualidade e rentabilidade);

Segurança;

Equilíbrio financeiro do contrato.

Para implementar um sistema de indicadores é necessário que cada um seja convenientemente caracterizado, para que seja aceite por todos os intervenientes na construção do empreendimento. Este desiderato é conseguido através da existência de um sistema claro e transparente que contenha para cada Indicador as seguintes características:

- Definição do Objetivo;
- Medição do objetivo;
- Fiabilidade e credibilidade;
- Economia;
- Simplicidade;
- Acessibilidade da informação;
- Abrangência de um período de tempo estipulado;
- Designação de um responsável;
- Identificação da unidade de medida.

Por exemplo alguns dos indicadores que podem ser considerados para as obras geotécnicas são:

- Indicador de faturação
- Indicador de prazo
- Indicador de execução
- Indicador de planeamento de antevisão
- Indicador de planeamento semanal
- Indicador de não conformidades
- Indicador de eficácia da reunião de coordenação
- Indicador do método observacional

#### **4 - O FUTURO AO VIRAR DA ESQUINA**

O desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação permitiu recentes evoluções também nesta área. Com a crescente utilização da tecnologia de modelação associada ao Building Information Modeling (BIM), ficou claro que esta é uma ferramenta poderosa e acessível para modelação 3D de projetos de construção. Sacks et al. (2010) discute as sinergias entre LC e BIM, considerando as grandes vantagens da utilização do BIM enquanto ferramenta de visualização 3D do fluxo de produção, assim como enquanto base de dados para armazenamento de atributos relevantes dos projetos. Esta conjugação de condições de visualização da informação estruturada permite então mapear e melhorar o fluxo de valor dos projetos na fase de projeto e preparação da obra, antecipando soluções para questões que, de outra forma, só seriam detetadas aquando a realização do Mapeamento do Fluxo de Valor já com a obra em curso. Esta linha de investigação tem despertado o interesse da comunidade científica, com recentes publicações na área, incluindo em Portugal. Clemente e Cachadinha (2011) caracterizam já o enquadramento conceptual e referem resultados provisórios.

Os estudos realizados nesta área têm sido essencialmente em obras de Edifícios. Isto deve-se ao facto de se considerar que estes têm uma complexidade de interações entre processos e intervenientes acrescida, o que perspetiva maiores benefícios de aplicação. Além disso, estes são projetos mais frequentes, o que permite analisar mais casos de estudo. No entanto, as obras geotécnicas perfilam-se como um campo de aplicação interessante, por um conjunto de razões:

- São tecnicamente complexas
- Envolvem interações significativas entre diferentes processos de produção e intervenientes
- Envolvem valores financeiros expressivos, resultando a redução de desperdícios em poupança relevante de recursos.

As obras geotécnicas perfilam-se portanto como um interessante campo de estudo e aplicação, às quais será dada acrescida atenção na investigação nos próximos tempos.

É importante passar os resultados da Investigação para a Prática. Só assim faz a um Engenheiro sentido investigar. No laboratório Les Seskin do Israel Institute of Technology Technion, foi desenvolvida a aplicação KanBIM, que aplica o Last Planner System e a sua metodologia de Planeamento ao BIM. Isto permite a completa visualização 3D do projeto e o seu planeamento, antecipando problemas no processo de produção e melhorando significativamente as condições para o trabalho colaborativo. Trata-se de uma aplicação de Tecnologia da Informação e Comunicação, no completo sentido da palavra. Esta aplicação é multilingua e tem também associada uma funcionalidade de comunicação rápida entre os intervenientes-chave do processo, permitindo que literalmente toda a informação necessária à execução da obra esteja disponível nos ecrãs tácteis dos tablet PC's de todos os intervenientes, recalculando em tempo real o projeto à medida que surjam alterações ao projeto, bem como informando cada um dos intervenientes do impacto dessas alterações no seu trabalho específico, solicitando o seu acordo para que se produzam. Desta forma melhora-se significativamente a comunicação e coordenação dos intervenientes, evitando o início de trabalhos sem que estejam reunidas todas as condições para que possam ser concluídos sem paragens ou atrasos, eliminando o *making-do* proposto por Koskela (2000).

Esta aplicação está já a ser utilizada em ambiente empresarial, tendo uma empresa brasileira adquirido o direito de opção sobre ela.

Mas a tecnologia e a imaginação dos investigadores leva ainda mais longe. No Technion está a investigar-se a utilização de instalações de realidade virtual para a modelação dos projetos. Na prática, o utilizador pode entrar na obra e interagir com ela num ambiente de realidade virtual, com a utilização de um *Cage*, que consiste na utilização de sistemas de projeção 3D e utilização de sensores, óculos 3D, comandos de interação de realidade virtual e sistemas de som *surround*. O futuro está ao virar da esquina.

## 5 - CONCLUSÃO

No presente artigo abordou-se o conceito lean e dos KPI aplicados à construção. Mostrou-se que o conceito é de fácil utilização e pode trazer para o setor vantagens económicas.

Presentemente nas obras geotécnicas recorrendo ao Método Observacional e ao conceito Lean é possível reduzir o nível de incerteza e complexidade. Brevemente será possível simular toda a obra antes do início de qualquer atividade no local da obra.

## REFERÊNCIAS

BALLARD, Glenn. - The Last Planner. Northern California Construction Institute. Monterey, USA, 1994.

BALLARD, Glenn. - Improving Work Flow Reliability, IGLC-7, Berkeley, CA, July 26-28, pp. 275-286, 1999

BALLARD, Glenn. - The last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, UK, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. - Shielding production: essential step in production control. Journal of Construction Engineering and Management, Volume 124, nº1, págs. 11-17, 1998

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. (2010). *Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction*. Reino Unido, Automation in Construction, págs 641-655.

KOSKELA, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, VTT Building Technology.

CLEMENTE, J.; CACHADINHA, N. (2011). - "Plataforma Revit: BIM-Lean em Edifícios de Grande Utilização" - eUaU ed. 17, Tecad